



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013119360/28, 25.04.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.04.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.04.2013

(45) Опубликовано: 20.10.2014 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2459194 C2 20.08.2012. CN 1591016
A 09.03.2005 . RU 2460987 C1 10.09.2012. CN
101308077 A 19.11.2008

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Маркс
Т.В.

(72) Автор(ы):

**Вьюхин Владимир Викторович (RU),
Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

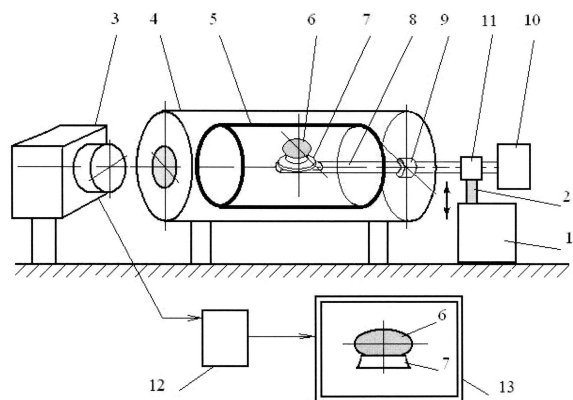
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)**

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО
НАТЯЖЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике, а именно к анализу материалов, в частности к определению физико-химических параметров многокомпонентных металлических расплавов методом геометрии «большой капли», т.е. путем измерения параметров неподвижно лежащей на подложке эллипсоидной капли образца многокомпонентного расплава посредством фотометрической объемометрии. Способ заключается в том, что нагревают образцы до плавления, при отклонениях силуэта от эллипсоидности нагрев останавливают. Затем воздействуют на каплю механическими колебаниями и продолжают нагрев, пока не будут устранены отклонения силуэта от эллипсоидности. Далее нагрев образца останавливают и прекращают воздействие механическими колебаниями. При этом колебания имеют звуковую частоту, например, кратную частоте сети. Кроме того, воздействуют механическими колебаниями на регулируемый шток. Кроме того, воздействуют колебаниями от

электромеханического генератора. В устройство введены источник механических колебаний, средство для передачи механических колебаний, одним концом закрепленное на источнике механических колебаний, а другим концом соединенное с регулируемым штоком посредством регулируемого элемента. При этом в качестве источника колебаний используют силовой трансформатор, а средство для передачи колебаний соединено перпендикулярно штоку. Кроме того, средство для передачи механических колебаний выполнено в виде металлического штока. Кроме того, регулируемый элемент выполнен в виде струбины. Техническим результатом является обеспечение возможности удаления пленки с поверхности расплавленного образца, получение и сохранение необходимой формы образца для последующего определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)

Фиг. 1

Изобретение относится к технической физике, а именно к анализу материалов, в частности к определению физико-химических параметров многокомпонентных металлических расплавов методом геометрии «большой капли», т.е. путем измерения плотности неподвижно лежащей на подложке эллипсоидной капли образца
5 многокомпонентного расплава посредством фотометрической объемометрии. Изобретение может быть использовано в лабораторных исследованиях, на предприятиях металлургической промышленности, при выполнении лабораторных работ в вузах.

Известен способ и устройство для определения плотности и поверхностного натяжения образца - капли расплава с известной массой, равной 10-40 граммов
10 («большой капли»), лежащей на подложке, размещенной на конце штока в высокотемпературной зоне электропечи, заполненной инертным газом, на основе фотометрической объемометрии. Его осуществляют путем измерения параметров эллипсоида капли, его контура (силуэта) и дальнейшего вычисления объема капли (см. Филиппов С.И. и др. «Физико-химические методы исследования металлургических
15 процессов». Металлургия, М. 1968 г., стр.266÷271, рис.114, 116 - аналог). При этом наличие гелиевой атмосферы внутри электропечи с давлением, равным атмосферному, предохраняющей образец как от загрязнения газами воздуха, так и от вскипания расплава, горизонтальная установка подложки, на которой помещают каплю в зоне нагрева печи, чистая поверхность образца расплавленной капли, эллиптическая форма
20 силуэта, его симметрия, и строгая окружность в основании капли являются необходимыми условиями применения метода «большой капли».

Легированные многокомпонентные высокотемпературные сплавы, содержащие различные сложные соединения и включения, в том числе газы - например, кислород, при нагреве и расплавлении образца покрываются пленками различной толщины. Эти
25 пленки могут существенно менять форму капли расплава, вплоть до превращения капли в сплюснутую блинообразную фигуру с углублением в верхней части. Подобная форма образца становится не пригодной для измерений.

Известно использование дуговых вакуумных электропечей при выплавке многокомпонентных сплавов, при этом вакуум предохраняет металл от загрязнения
30 газами воздуха и обеспечивает его дополнительную очистку от летучих примесей и газов - см. Б.Б. Кистяковский и др. «Производство цветных металлов», Металлургия, 1984, с.69-70. Недостатком данного способа является необходимость вакуума для очистки от летучих примесей и газов в металле, что может вызвать вскипание образца при расплавлении, его расплескивание и нарушение как требуемой для измерений
35 формы, так и уменьшение массы образца, а это в конечном итоге не обеспечивает требуемой достоверности и точности измерений.

Известен способ очистки поверхности образца с использованием механических колебаний, в частности ультразвуковых, при этом образец полностью погружается в
40 моющий раствор, в который вводятся ультразвуковые колебания, которые в несколько раз ускоряют процесс очистки, например, обезжиривания - см. «Ультразвук. Маленькая энциклопедия», изд. Советская энциклопедия, М., 1979, с.242-247 - аналог. Недостатками данного способа являются, во первых, невозможность его использования при высоких, до +2000°C температурах и, во вторых, необходимость использования контактной жидкости, обеспечивающей контакт источника ультразвука с образцом, в частности,
45 моющей среды, которая представляет собой химически активную жидкость и может вступать в какие-то реакции с исследуемым образцом, изменяя при этом его свойства.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ определения плотности высокотемпературных

многокомпонентных металлических расплавов с использованием капельного образца расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, питающейся от силового трансформатора электропитания, при котором осуществляют регулировку подложки и регулируемого штока с использованием узла изменения положения подложки, на подложку загружают образец, включают измерительную установку, которая осуществляет нагрев и плавление образца, фотоспособом наблюдают, посредством компьютера и расположенного вне электропечи фотоприемника, изображение, включающее эллипсовидный силуэт капли образца расплава, по которому определяют объем, плотность и поверхностное натяжение капли - см. пат. РФ №2459194 - прототип.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство для определения плотности высокотемпературных многокомпонентных металлических расплавов содержащее капельный образец расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, силовой трансформатор электропитания, узел изменения положения подложки, компьютер, фотоприемник - см. пат. РФ №2459194.

Недостатком этих способа и устройства является то, что при нагреве образца, в частности многокомпонентного, в том числе с момента расплавления, из него происходит выделение различных сложных соединений и включений, в том числе газов. Вследствие этого на поверхности расплавленного образца может образоваться эластичная пленка, которая не позволит обеспечить получение и сохранение эллипсовидной формы силуэта изучаемого образца, а также его симметрию и строгую окружность в основании капли для последующего определения его плотности и поверхностного натяжения. Поэтому не обеспечены необходимые условиями применения метода «большой капли», в том числе обеспечение симметрии эллипсоида расплава и физические условия для применения формул расчета этого эллипсоида, определения параметров силуэта, объема и следовательно, не обеспечены достоверность и точность измерения плотности и поверхностного натяжения капли металлического расплава, в частности, многокомпонентного.

Задачей изобретения является обеспечение возможности удаления пленки с поверхности расплавленного образца, что обеспечивает получение и сохранение требуемой формы этого образца для последующего определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов и в конечном итоге, повышение достоверности и точности измерения плотности и поверхностного натяжения изучаемого образца многокомпонентного металлического расплава.

Для решения поставленной задачи предлагаются способ и устройство для определения плотности и поверхностного натяжения высокотемпературных металлических расплавов.

Способ определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов с использованием капельного образца расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, питающейся от силового трансформатора электропитания, при котором осуществляют регулировку подложки и горизонтального регулируемого штока с использованием узла изменения положения подложки, на подложку загружают образец, включают измерительную установку, которая осуществляет нагрев и плавление образца, фотоспособом

наблюдают, посредством компьютера и расположенного вне электропечи фотоприемника, изображение, в том числе, эллипсовидный силуэт капли образца расплава, по которому определяют объем, плотность и поверхностное натяжение капли, отличающийся тем, что в начале эксперимента осуществляют нагрев образца вплоть до его плавления, при наблюдаемых отклонениях силуэта капли образца расплава от эллипсовидности нагрев останавливают, начинают воздействие на каплю образца расплава механическими колебаниями, при этом продолжают нагрев образца до тех пор, пока не будут устранены наблюдаемые отклонения силуэта капли образца расплава от эллипсовидности, после этого нагрев образца снова останавливают, прекращают воздействие на каплю образца расплава механическими колебаниями, после чего продолжают последующие операции способа.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями, имеющими частоту, находящуюся в звуковом диапазоне, например, кратную частоте силовой электрической сети.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями, направленными перпендикулярно электропечи горизонтального типа.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями на горизонтальный регулируемый шток.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями на узел изменения положения подложки.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями от силового трансформатора электропитания.

Кроме того, осуществляют воздействие механическими колебаниями от электромеханического генератора этих колебаний, например соленоида.

Устройство для определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов, содержащее капельный образец расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов горизонтального регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, силовой трансформатор электропитания, узел изменения положения подложки, компьютер, фотоприемник, отличающееся тем, что в него введены источник механических колебаний, средство для передачи механических колебаний, одним концом закрепленное на источнике механических колебаний, а другим концом соединенное с горизонтальным регулируемым штоком посредством регулируемого элемента.

Кроме того, в качестве источника механических колебаний используют силовой трансформатор электропитания.

Кроме того, в качестве источника механических колебаний используют электромеханический генератор этих колебаний, например соленоид.

Кроме того, средство для передачи механических колебаний размещено перпендикулярно горизонтальному регулируемому штоку.

Кроме того, частота механических колебаний находится в звуковом диапазоне, например, равна частоте силовой электрической сети.

Кроме того, средство для передачи механических колебаний выполнено в виде металлического штока.

Кроме того, регулируемый элемент выполнен в виде струбины. Технические решения, содержащие вышеуказанные совокупности ограничительных и отличительных признаков, обеспечивают достижение технического результата - осуществление возможности удаления пленки с поверхности расплавленного образца, что обеспечивает

получение и сохранение требуемой формы этого образца для последующего определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов, и в конечном итоге, повышение достоверности и точности измерения плотности и поверхностного натяжения изучаемого образца многокомпонентного металлического расплава.

Такие технические решения не выявлены в известном уровне техники, что при достижении вышеописанного технического результата позволяет считать предложенные технические решения имеющими изобретательский уровень. Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

фиг.1 - блок-схема устройства для реализации способа;

фиг.2 - динамика изображений образца трубной стали на подложке без использования механических колебаний с начала его плавления $t_{пл}$ до срыва эксперимента:

от $t_{пл}=+1500^{\circ}\text{C}$ до $t=+1550^{\circ}\text{C}$;

фиг.3 - влияние механических колебаний на динамику изображений образца трубной стали на подложке от $t_{пл}=+1510^{\circ}\text{C}$ до завершения экспериментов $t=+1750^{\circ}\text{C}$;

фиг.4 - образцы после экспериментов с использованием механических колебаний и без них.

Способ осуществляют посредством устройства для его реализации - см. фиг.1, которое содержит: источник механических колебаний 1, преимущественно звуковой частоты, средство для передачи механических колебаний 2, фотоприемник 3, соосный с высокотемпературной зоной электропечи 4 горизонтального типа, коаксиальный цилиндрический электронагреватель 5, капельный образец расплава фиксированной массы 6, расположенный на срезе цилиндрической подложки 7, закрепленной на одном из концов горизонтального регулируемого штока 8, другой конец которого через вакуумный уплотнительный узел 9 соединен с узлом изменения положения подложки 10, регулируемый элемент 11, компьютер 12, на дисплей 13 которого выводят изображение капельного образца расплава фиксированной массы 6 и подложки 7.

В качестве источника механических колебаний 1 используют, например, силовой трансформатор электропитания (на схеме не показано), закрепленный на станине измерительного комплекса. Средство для передачи механических колебаний 2 выполнено например, в виде стального штока длиной, например, 250-300 мм и диаметром 3-10 мм, жестко закрепленного, например, винтовым соединением, одним из концов на источнике механических колебаний 1, и расположено преимущественно перпендикулярно горизонтальному регулируемому штоку 8. Фотоприемник 3 выполнен в виде телекамеры, например, 3372P Sanyo, коаксиальный цилиндрический электронагреватель 5 выполнен из молибдена. Подложка 7 выполнена в виде цилиндра из высокотемпературной керамики, например, бериллиевой. Регулируемый шток 8 диаметром 10 мм выполнен из молибдена, вакуумный уплотнительный узел 9 сделан из вакуумной резины и соединен с узлом изменения положения подложки 10, выполненным в виде исполнительного устройства с шаговыми двигателями, описанного в прототипе, регулируемый элемент 11 выполнен в виде струбины, закрепленной на средстве для передачи механических колебаний 2 и охватывающей регулируемым зажимом часть регулируемого штока 8 между уплотнительным узлом 9 и узлом изменения положения подложки 10.

Определение плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов, в частности многокомпонентных, на предлагаемой установке осуществляется следующим образом: подготавливают изучаемый образец фиксированной массы 6, равной 10÷40 граммов, который укладывают на срезе

цилиндрической подложки 7. Горизонтальный регулируемый шток 8 вводят в коаксиальный цилиндрический электронагреватель 5 и регулируют его положение, в частности, горизонтальность подложки 7, так чтобы посредством фото приемника 3, соосного с высокотемпературной зоной электропечи 4 горизонтального типа, наблюдать на дисплее 13 компьютера 12 изучаемый образец 6 на подложке 7. Электропечь 4 закрывают, из нее откачивают воздух и закачивают гелий. Регулируемый элемент 11 одевают на регулируемый шток 8, но не закрепляют на нем. Кроме того, как вариант, регулируемый элемент 11 может быть соединен не с регулируемым штоком 8, а узлом изменения положения подложки 10. Включают электропечь и начинают эксперимент, при этом наблюдают на дисплее 13 все стадии эксперимента. Увеличивают нагрев и в случае появления искаженного, неэллиптического или «блинообразного» изображения изучаемого образца 6, или явной пленки на нем, нагрев останавливают на данной температуре, регулируемый элемент 11, например трубку, жестко фиксируют посредством зажима и винтового соединения на регулируемом штоке 8. После этого снова продолжают нагрев. Механические колебания (вибрация) от источника механических колебаний 1, например силового трансформатора электропитания или, как вариант, электромеханического генератора этих колебаний, например, соленоида, с частотой, кратной частоте питающей сети, через средство для передачи механических колебаний 2, например, стальной шток и регулируемый элемент 11 передаются на горизонтальный регулируемый шток 8, подложку 7 и образец расплава 6. Уровень колебаний можно регулировать, если необходимо, путем размещения дополнительной упругой прокладки между горизонтальным регулируемым штоком 8 и регулируемым элементом 11.

Например, последовательность изображений образца 6 трубной стали 10Г2ФБЮ, лежащего на подложке 7, при возрастающей температуре нагрева от $t_{пл}=+1500^{\circ}\text{C}$ до $t=+1550^{\circ}\text{C}$ (срыв эксперимента) без осуществления наличия механических колебаний, приведена на фиг.2, причем видна неравномерная пленка окислов на образце. Очевидна непригодность использования этих изображений для последующих операций способа. Осуществление механических колебаний в эксперименте проиллюстрировано на фиг.3, причем вначале заметна пленка окислов, в частности на левом краю изображения, и асимметрия расположения капли образца 6 на подложке 7. По последнему кадру изображений на фиг.3, уже после отключения механических колебаний, осуществляют измерения силуэта капли образца 6. На эллипсоидных силуэтах образца 6 фиг.3 видны колебания 14 силуэта, обусловленные включенными механическими колебаниями с частотой, кратной частоте силовой сети. Сравнительный постэкспериментальный вид образцов 6, полученных с использованием 15 предлагаемого изобретения и без его использования 16 приведен на фиг.4.

Анализ изображений образцов расплава 6, приведенных на фиг.2-4, подтверждает целесообразность использования предлагаемого изобретения для обеспечения симметричного эллипсоида расплава и обоснованного последующего применения формул расчета для этого эллипсоида, определения параметров силуэта, объема и, в конечном итоге, плотности и поверхностного натяжения образца исследуемого расплава.

Отличительные признаки предложенного технического решения обеспечивают возможность увеличения качества изображений: эллиптичности и симметрии как силуэта, так и сечения наблюдаемой капли многокомпонентного металлического расплава, а в конечном итоге, увеличение объективности, достоверности и точности определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов методом геометрии «большой капли».

Формула изобретения

1. Способ определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов с использованием капельного образца расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, питающейся от силового трансформатора электропитания, при котором осуществляют регулировку подложки и горизонтального регулируемого штока с использованием узла изменения положения подложки, на подложку загружают образец, включают измерительную установку, которая осуществляет нагрев и плавление образца, фотоспособом наблюдают, посредством компьютера и расположенного вне электропечи фотоприемника, изображение, включающее эллипсовидный силуэт капли образца расплава, по которому определяют объем, плотность и поверхностное натяжение капли, отличающийся тем, что в начале эксперимента осуществляют нагрев образца вплоть до его плавления, при наблюдаемых отклонениях силуэта капли образца расплава от эллипсовидности нагрев останавливают, начинают воздействие на каплю образца расплава механическими колебаниями, после чего продолжают нагрев образца до тех пор, пока не будут устранены наблюдаемые отклонения силуэта капли образца расплава от эллипсовидности, после этого нагрев образца снова останавливают, прекращают воздействие на каплю образца расплава механическими колебаниями, после чего продолжают последующие операции способа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями, имеющими частоту, находящуюся в звуковом диапазоне, например, кратную частоте силовой электрической сети.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями, направленными перпендикулярно электропечи горизонтального типа.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями на горизонтальный регулируемый шток.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями на узел изменения положения подложки.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями от силового трансформатора электропитания.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют воздействие механическими колебаниями от электромеханического генератора этих колебаний, например соленоида.

8. Устройство для определения плотности и поверхностного натяжения многокомпонентных металлических расплавов, содержащее капельный образец расплава известной массы, лежащего на подложке, закрепленной на одном из концов горизонтального регулируемого штока в высокотемпературной зоне электропечи горизонтального типа, силовой трансформатор электропитания, узел изменения положения подложки, компьютер, фотоприемник, отличающееся тем, что в него введены источник механических колебаний, средство для передачи механических колебаний, одним концом закрепленное на источнике механических колебаний, а другим концом соединенное с регулируемым штоком посредством регулируемого элемента.

9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что в качестве источника механических колебаний используют силовой трансформатор электропитания.

10. Устройство по п.8, отличающееся тем, что в качестве источника механических колебаний используют электромеханический генератор этих колебаний, например соленоид.

11. Устройство по п.8, отличающееся тем, что средство для передачи механических колебаний размещено перпендикулярно горизонтальному регулируемому штоку.

12. Устройство по п.8, отличающееся тем, что частота механических колебаний находится в звуковом диапазоне, например, равна частоте силовой электрической сети.

5 13. Устройство по п.8, отличающееся тем, что средство для передачи механических колебаний выполнено в виде металлического штока.

14. Устройство по п.8, отличающееся тем, что регулируемый элемент выполнен в виде струбины.

10

15

20

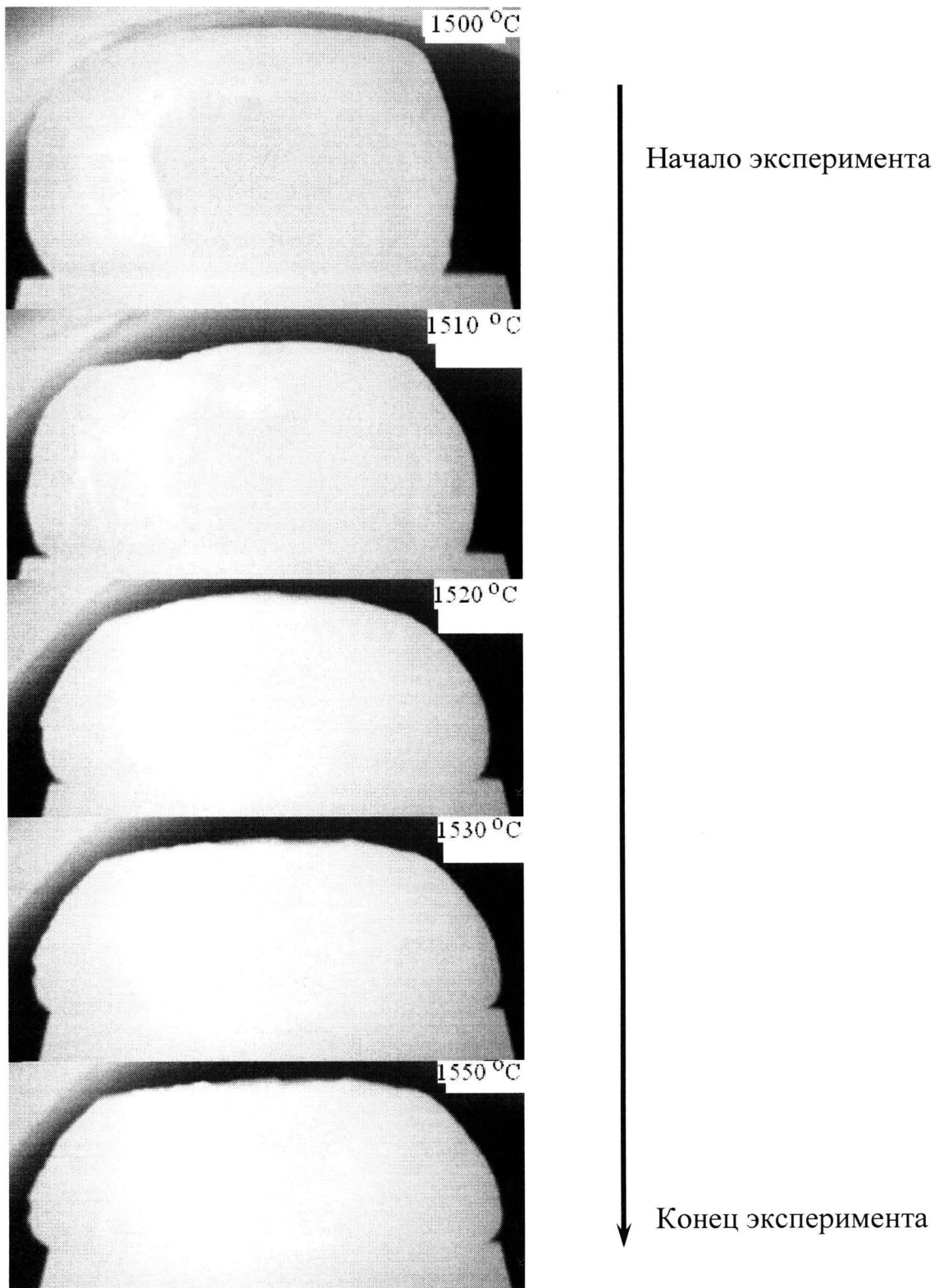
25

30

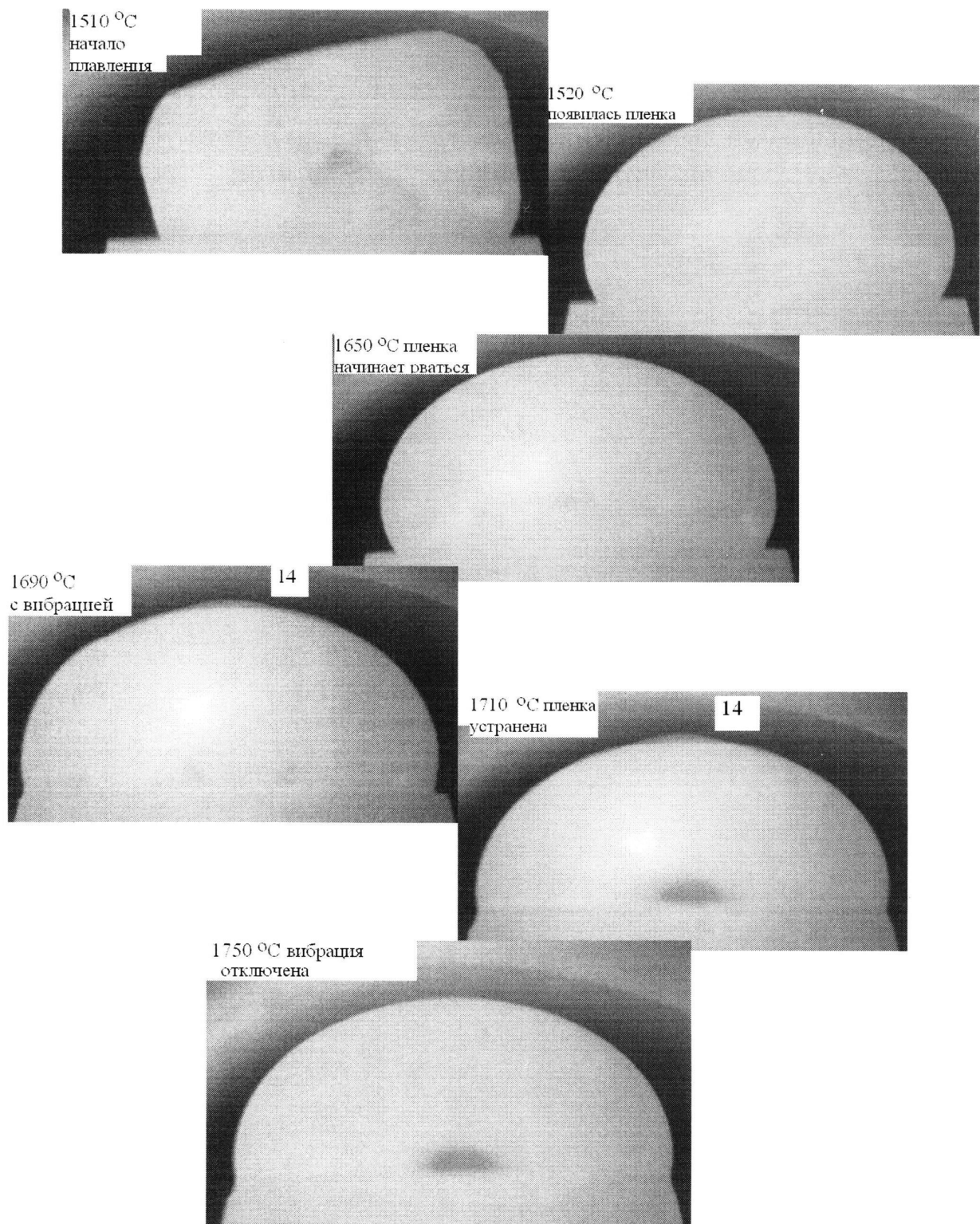
35

40

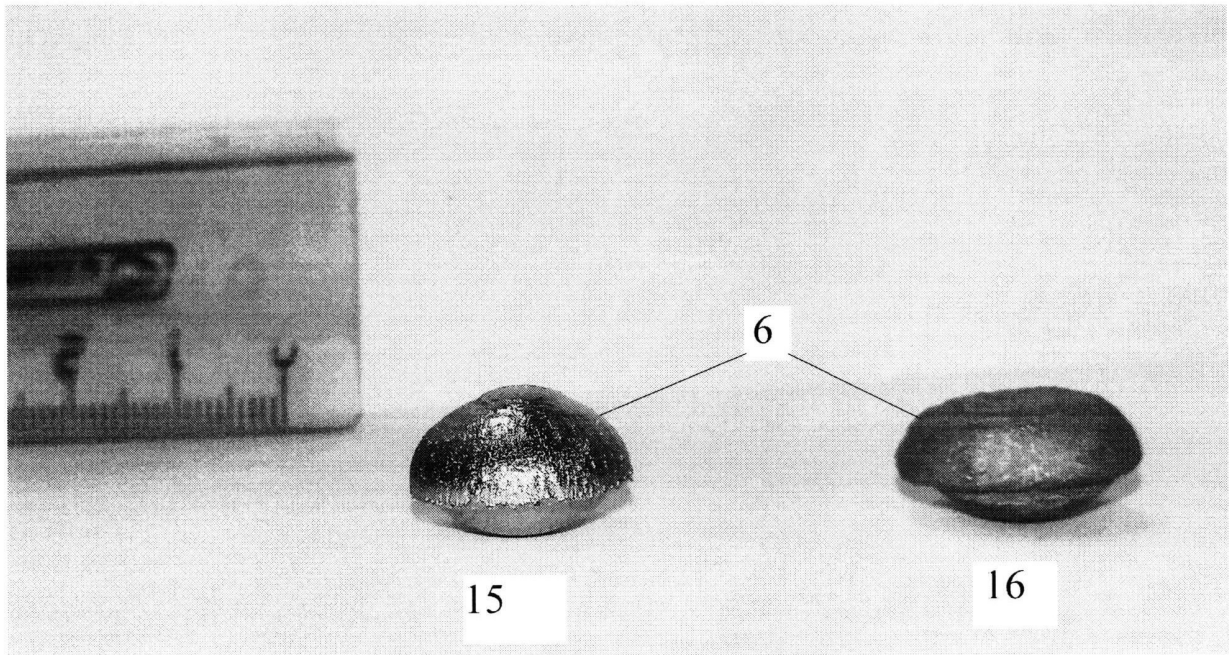
45



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4